



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E
MICROBIOLÓGICA DA SILAGEM DE GRÃO ÚMIDO
DE MILHO ARMAZENADA EM SILO BOLSA

FELIPE SAFT RÄDER

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/ DF
2 DE MARÇO DE 2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E
MICROBIOLÓGICA DA SILAGEM DE GRÃO ÚMIDO
DE MILHO ARMAZENADA EM SILO BOLSA**

FELIPE SAFT RÄDER

ORIENTADOR: DR. ERNANDES RODRIGUES DE ALENCAR
CO-ORIENTADOR: DR. CLAYTON QUIRINO MENDES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 149/2018

BRASÍLIA/DF
2 DE MARÇO DE 2018

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E
MICROBIOLÓGICA DA SILAGEM DE GRÃO ÚMIDO
DE MILHO ARMAZENADA EM SILO BOLSA**

FELIPE SAFT RÄDER

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA DA FACULDADE DE
AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE EM
AGRONOMIA.

APROVADA POR:

ERNANDES RODRIGUES DE ALENCAR, Dr. UnB – FAV (Orientador)

ELIANA DOS SANTOS LEANDRO, Dra. UnB – FS (Examinador interno)

SHEILA TAVARES NASCIMENTO, Dra. UnB – FAV (Examinador interno)

FICHA CATALOGRÁFICA

SF315q Saft Räder, Felipe
Qualidade físico-química e microbiológica da silagem de grão úmido de milho armazenada em silo bolsa / Felipe Saft Räder; orientador ERNANDES RODRIGUES DE ALENCAR RODRIGUES DE ALENCAR; co-orientador CLAYTON QUIRINO MENDES. -- Brasília, 2018.
42 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2018.

1. Aspergillus flavus. 2. Aspergillus parasiticus. 3. cor. 4. pH. 5. umidade. I. RODRIGUES DE ALENCAR, ERNANDES RODRIGUES DE ALENCAR, orient. II. QUIRINO MENDES, CLAYTON, co-orient. III. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RÄDER, F.S. Qualidade físico-química e microbiológica da silagem de grão úmido de milho armazenada em silo bolsa. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2 de março de 2018, 42 páginas. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Felipe Saft Räder

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Qualidade físico-química e microbiológica da silagem de grão úmido de milho armazenada em silo bolsa.

GRAU: Mestre ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Felipe Saft Räder

Email: felipe.saft@gmail.com

DEDICO

Aos meus pais

Aos meus queridos e amados pais Neri Räder e Ivone Saft Räder;

Ao meus irmãos

Eduardo Räder e Reinaldo Saft Räder (*in memoriam*);

A minha companheira de vida

Marilia Araújo Fontenele de Carvalho

Ao meu orientador e coorientador

Prof. Dr. Ernades Rodrigues de Alencar
Prof. Dr. Clayton Quirino Mendes

“Coincidência é a forma escolhida por Deus para permanecer oculto.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeira a Deus por esta oportunidade incrível de viver a vida e senti-lo ao meu lado todos os dias! Eterna gratidão por tudo!

Ao meu pai Neri que me ensinou a importância do aprender, estudar, dedicar e sempre ter atitudes honestas com todos ao longo da jornada da vida. Sou extremamente grato pelos ensinamentos desses valores e por seu amor e dedicação.

À minha mãe Ivone, que sempre foi a melhor ouvinte, amiga e educadora. Sempre responsável por me acompanhar em todas as etapas e por me ensinar os grandes valores de educação. Obrigado por seu amor e seu carinho.

Aos meus irmãos Eduardo e Reinaldo (*in memoriam*), que foram os irmãos mais incríveis que poderia ter tido. Sempre foram os meus pontos de referência para a vida e sempre estiveram ao meu lado. Agradeço do fundo da minha alma pelas experiências vividas em comunhão na infância e juventude. Nossa Jornada continua! Amo vocês.

À Marília, minha querida amada e companheira de jornada, agradeço por ter sido essa pessoa essencial e fundamental para iniciar e completar o mestrado. Obrigado por ter a chance de compartilhar sonhos com você. Gratidão eterna por tudo que me ensinastes.

Ao orientador Prof. Ernandes Alencar, que soube me conduzir e orientar nesse programa de Pós-Graduação. Agradeço pelo esforço e dedicação para que ocorressem nossas discussões e encontros fora do expediente comum de trabalho e principalmente pelos trabalhos realizados em laboratório.

Ao co-orientador Prof. Clayton Quirino Mendes, que foi um entusiasta para que esse trabalho se realizasse, e sua dedicação e tempo para a conclusão do projeto. Ao longo desses anos se tornou uma fonte de inspiração para minha jornada de vida e trabalho pelo exemplo de afeição, amor dado aos estudantes e por demonstrar tamanha dedicação ao ensino das pessoas.

Aos membros da equipe da Fazenda Vera Cruz, principalmente ao proprietário Enilton Kennedy Lopes e seu filho e amigo Felipe Kennedy, ao gerente da área de gado Wilton Leandro dos Reis e aos demais colaboradores da fazenda. Foram todos grandes mestres de ensinamentos em relação ao trabalho, tratamento as pessoas e aos animais da fazenda. Levarei seus exemplos de determinação para o resto da minha vida.

À todos os membros dos Laboratórios de Alimentos da UnB e do Laboratório de Nutrição Animal da fazenda Água Limpa, que foram fundamentais para que os processos de laboratório ocorressem de maneira eficiente, além de terem me ensinado a utilização dos equipamentos e utensílios.

Por último, agradeço aos membros do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB que foram fundamentais para minha formação e para a conclusão deste trabalho.

INDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.	OBJETIVO GERAL.....	145
5.	METODOLOGIA.....	15
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura física do silo bolsa.....	17
Figura 2. Corte Transversal do silo bolsa.....	18
Figura 3. Teor de umidade da silagem de grãos de milho umidos durante 120 dias.....	22
Figura 4. Teor de lipídeos em silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, durante 120 dias.....	23
Figura 5. Teor de Fibra Detergente Neutro (FDN) da silagem de grãos de milho umidos durante 120 dias.....	24
Figura 6. Teor de carboidratos em silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, durante 120 dias.....	25
Figura 7. Acidez (Meq NaOH 100g ⁻¹) em silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, no início e meio do silo bolsa, durante 120 dias.....	26
Figura 8. pH em silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, durante 120 dias.....	27
Figura 9. Saturação de cor silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, no início e meio do silo bolsa, durante 120 dias.....	29
Figura 10. Diferença de cor (ΔE) em silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, durante 120 dias.....	30

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Composição química de silagem de grãos úmidos de milho.....	14
---	----

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da silagem de grão de milho úmido armazenado em silo bolsa. Utilizaram-se grãos com umidade inicial de aproximadamente 36 e 38%. Depois de colhidos, os grãos foram imediatamente acondicionados em silobag IPESA®, com 60 m de comprimento e 1,4 m de diâmetro. A qualidade físico-química e microbiológica foi avaliada antes do acondicionamento dos grãos úmidos triturados (dia zero) e decorridos 30, 60, 90 e 120 dias de armazenamento, para cada teor de umidade. Foram coletadas amostras em duas diferentes posições dos silos bolsa, sendo uma na parte inicial e a outra no meio. Na avaliação da qualidade da silagem de milho foram determinados umidade, teor de lipídeos, teor de proteínas, teor de cinzas, teor de carboidratos, teor de fibra em detergente neutro e colorimetria. Na avaliação da qualidade microbiológica foram quantificados os fungos potencialmente aflatoxigênicos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x5, sendo dois teores de umidade (36 e 38%), duas posições no silo bolsa (inicial e meio) e cinco períodos de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias), com três repetições. Houve variação quando se analisou o teor de umidade em função do tempo de armazenamento isoladamente. À medida que se elevou o período de armazenamento, houve incremento de teor de lipídeos para os teores de umidade de 36,0 e 38,0%. Não houve variação nos teores de cinzas e de proteínas. Os teores de fibra em detergente neutro e de carboidratos solúveis diminuíram à medida que se elevou o tempo de armazenamento. A acidez da silagem foi mais acentuada nos primeiros 30 dias de armazenamento. Verificou-se variação das variáveis saturação de cor (C) e diferença de cor (ΔE). Nas condições do presente trabalho não verificou-se proliferação de fungos *A. flavus* e *A. parasiticus*. Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que o teor inicial de umidade influencia a qualidade da silagem de grãos úmidos de milho; a posição no silo bolsa não afeta a qualidade da silagem, exceto para as variáveis acidez e saturação de cor; os silos tipo bolsa representam alternativa aos métodos tradicionais para obtenção de silagem de grãos úmidos de milho.

Palavras-chave: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, cor, pH, umidade

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the physicochemical and microbiological quality of the wet corn grain silage stored in a silo bag. Grains with initial moisture of approximately 36 and 38% were used. After being harvested, the beans were immediately packed in IPESA® silobag, 60 m long and 1.4 m in diameter. The physico-chemical and microbiological quality was evaluated before the storage of the comminuted wet grains (day zero) and after 30, 60, 90 and 120 days of storage, for each moisture content. Samples were collected in two different positions of the bag silos, one in the initial part and the other in the middle. In the evaluation of the quality of corn silage were determined moisture, lipid content, protein content, ash content, carbohydrate content, neutral detergent fiber content and colorimetry. In the evaluation of the microbiological quality, the potentially aflatoxigenic fungi *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* were quantified. A completely randomized design was used in a 2x2x5 factorial scheme, with two moisture contents (36 and 38%), two positions in the silo bag (initial and medium) and five storage periods (0, 30, 60, 90 and 120 days), with three replicates. There was variation when the moisture content was analyzed as a function of storage time alone. As the storage period increased, there was an increase in lipid content for moisture contents of 36.0 and 38.0%. There were no changes in the levels of ash and protein. The neutral detergent fiber and soluble carbohydrate contents decreased as storage time increased. The acidity of the silage was more pronounced in the first 30 days of storage. Variation of the variables color saturation (C) and color difference (ΔE) was verified. Under the conditions of the present work there was no proliferation of fungi *A. flavus* and *A. parasiticus*. The results obtained in the present work allow to conclude that the initial moisture content influences the moisture quality of corn wet grains; the position in the silo bag does not affect the quality of the silage except for the variables acidity and color saturation; the bag-type silos represent an alternative to the traditional methods to obtain silage from wet maize grains.

Key-words: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, color, moisture , pH

1. INTRODUÇÃO

Dentre as culturas de grãos brasileiras em destaque, o milho se destaca pela área de produção e sua alta produtividade. A estimativa para a safra 2017/18 é de 88 milhões de toneladas (CONAB, 2017), sendo 9.836,0 milhões de toneladas que a safra 2016/2017. Segundo Barros e Alves (2015) o milho é o lastro de sustentação para o crescimento da produção animal no Brasil, pois a partir dessa matéria prima se faz a base da alimentação da cadeia produtiva de diversos setores agropecuários. O seu uso nas áreas de produção agrícola é fundamental para garantir o crescimento sustentável de mais de 30 % na produção animal nos próximos 10 anos, principalmente nas áreas suínas, aves e de gado. Dentre os cereais, os grãos de milho se destacam por ampla utilização, tanto para alimentação humana, quanto para alimentação animal. Em decorrência da expressiva cadeia produtiva e de seu processamento industrial, os dados levantados pelo programa de estatística Agrostat (2017) apontam que o Brasil se destaca por ser o terceiro maior produtor de milho do mundo e ainda se enquadra como o segundo maior exportador deste grão com mais de 70 países compradores deste produto.

Além da utilização dos grãos secos pela indústria para alimentação humana ou como ingrediente na elaboração de ração para alimentação animal, o milho pode ser utilizado como uma planta forrageira para fins de silagem (DANIEL et al., 2011). Ele se destaca pelo alto valor energético da matéria seca, além da sua aceitabilidade pelos animais. Além disso, o milho é uma importante opção para a suplementação em determinadas regiões do Brasil, como o Centro-Oeste, durante o período de vazio forrageiro, época do ano durante o qual o desenvolvimento de culturas agrícolas é dificultado, em decorrência dos reduzidos índices pluviométricos. Segundo CONAB (2017), 70% de toda silagem produzida no Brasil é proveniente de milho, sendo que até 15% da produção do milho plantado foram utilizados para a obtenção de silagem.

A produção de silagem está intimamente ligada a exploração da pecuária intensiva, pois essa atividade necessita de atenção especial tratando-se da alimentação dos animais. Obter alimentos em quantidades ideais e de alta qualidade à disposição ao longo de todo ano pode garantir a sustentabilidade dessa atividade quando os custos de produção estão em níveis adequados (GODAGNONE, 1991). Porém, os custos referentes a alimentação animal não podem ultrapassar 50% do custo total, podendo chegar a 12% do custo do leite (GOMEZ,

2015). Neste cenário, o milho grão úmido se torna uma nova alternativa às tradicionais fontes energéticas de grãos onde se fazem essenciais no intuito de minimizar os custos nas propriedades dependentes desse tipo de produto. Em se tratando de produção leiteira, a utilização de silagem de grãos úmidos é uma técnica importante que vem sendo utilizada objetivando-se de reduzir custos de produção (JOBIM et al., 2001).

Grãos de milho úmidos, armazenados sob técnica de ensilagem, tem como objetivo fomentar o consumo de grão na propriedade, diminuindo dessa forma as perdas que ocorrem na etapa pós-colheita. O armazenamento nas propriedades permite diminuir o custo em até 4,0% em comparação ao milho seco em armazém (BELTRAME, 2001). Adicionalmente, Costa (2001) relatou que a produção de silagem destes grãos úmidos foi 5% mais barata em relação aos grãos secos, devido à eliminação das etapas de limpeza e secagem, além de não haver o transporte do produto para cooperativa ou fábrica de rações e vice-versa. Da mesma forma, Jasper et al. (2009) verificaram a economia de 8,8% no processo de ensilagem de grãos úmidos comparado com a produção de grãos secos. Segundo estes autores, a diferença dos custos começa a ocorrer na colheita, passando pelo transporte e finalizando nas etapas de pós-colheita.

Dentre as técnicas utilizadas para ensilagem de grãos úmidos, destacam-se o acondicionamento em silos de trincheira e em silos de superfície. Os silos de trincheiras são valas feitas no chão, nas quais a forragem é depositada.. Para a garantia de qualidade e melhor preservação do material, algumas trincheiras utilizam alvenaria para isolar a forragem de contato direto com o meio, já que lençóis freáticos podem influenciar na decomposição da matéria-prima. Na ensilagem em silos de superfície, a matéria-prima é armazenada diretamente na superfície plana do solo, podendo ser recoberto com lona plástica. Essa última técnica se destaca por ser mais barata, porém tem-se a dificuldade na compactação do material, afetando diretamente o processo fermentativo (GOMEZ, 1998).

Nesse cenário, os silos tipo bolsa pode ser considerado dispositivo alternativo para ensilagem de superfície. Os silos tipo bolsa teve seu uso difundido para armazenamento de grãos, a partir da crise econômica da Argentina, no começo dos anos 2000 (RODRIGUEZ et al., 2004). De acordo com Faroni et al. (2009), essa técnica consiste no armazenamento de grãos em bolsas plásticas seladas hermeticamente, em que o processo respiratório dos componentes bióticos do ecossistema (grãos, fungos, insetos) consome o oxigênio (O_2),

gerando dióxido de carbono (CO₂). Nesse sentido, pode-se afirmar que essas condições são adequadas para o processo de ensilagem de grãos úmidos.

Tendo em vista que há pouca literatura e relatos que tratam da técnica de ensilagem de grãos úmidos de milho obtida em silos bolsa é fundamental que sejam realizados estudos com objetivo de avaliar qualidade físico-química e microbiológica do produto acondicionado nesse tipo de estrutura ao longo do armazenamento. Dessa forma, será possível verificar a viabilidade técnica do uso dos silos bolsa na obtenção de silagem de grãos úmidos, e consequentemente, estimular a difusão dessa tecnologia no setor produtivo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura do milho

A cultura do milho está presente em quase todos os continentes. A fácil adaptabilidade em diferentes áreas e o fato de possuir em sua composição grande quantidade de amido estimulou o seu uso como parte da alimentação humana e animal em diferentes locais. Este cereal é a principal fonte energética dentro do processo de nutrição animal, sendo consumido em maior escala nos setores de aves e suínos, além de ter participação na indústria de matriz energética como biocombustíveis no Brasil (CONAB, 2017).

O aumento da competitividade desses setores das indústrias que dependem deste grão nos últimos anos tem feito com que o consumo de milho, principal insumo, apresente taxas elevadas de crescimento. Entre 2001 e 2007, a avicultura apresentou incremento de 89,29% no consumo de milho e a suinocultura, de 40,13% (Associação Brasileira das Indústrias do Milho – ABIMILHO, 2018).

2.2. Silagem de grãos úmidos de milho

Nos sistemas de produção animal com maior uso de ferramentas de tecnologia de produção, a silagem de milho tornou-se o alimento volumoso de maior ocorrência e utilização no Brasil (PEREIRA et al., 2007). Isso se deve ao fato do milho atender os requisitos de uma boa silagem, como teor de matéria seca entre 30% e 35%, 3,0% de carboidrato solúvel, baixa capacidade tamponante, o que garante rápida alteração do pH do sistema, assegurando a fermentação microbiana adequada e eliminando maiores chances de contaminação de microrganismos indesejados, além de alto potencial produtivo de volumoso por área. Outra fonte alternativa de silagem é a utilização de grãos de milho úmidos na dieta animal, a qual consiste na colheita e ensilagem dos grãos logo após atingir a maturação fisiológica, o que ocorre com teor de umidade em torno de 25 a 30% (COSTA et al, 1999).

Dentre as vantagens na silagem de grãos úmidos em comparação ao grão convencional seco, Costa et al. (1999) e Reis e Jobim (2001) mencionaram a maximização do uso da terra por meio da colheita antecipada em até 4 semanas, por serem colhidas diretamente nos pés de milho antes de secarem por completo, diminuindo-se as perdas quantitativas e qualitativas no

campo, menor tombamento de plantas, menor ataque de insetos, eliminação das etapas de pré-limpeza e secagem. Essas etapas garantem maior economia em relação ao uso de grãos secos. Apesar desses aspectos positivos, Reis e Jobim (2001) apontam alguns aspectos negativos que fazem presente nesse processo de armazenamento, como dificuldade de comercialização e fácil decomposição aeróbica quando não bem armazenado por conta da má compactação .

Além das questões econômicas que devem ser verificadas, a natureza nutricional do alimento ensilado também deve ser levada em consideração para sua utilização na alimentação animal. Segundo Jobim et al. (1997) a composição química da silagem de grãos úmidos de milho podem variar em função do teor de umidade no momento da ensilagem da proporção de sabugo presente além dos tipos de híbridos ou variedades utilizadas.

O grão úmido, que pode apresentar umidade acima dos 35%, é capaz de favorecer as perdas de matéria seca, influenciando a quantidade de nitrogênio e de carboidratos solúveis neste tipo de armazenamento. Em estudos realizados sobre digestibilidade de grãos úmidos, Jobim et al. (2003) constataram aumento na digestibilidade da matéria orgânica, por conta da maior digestibilidade do amido. A maior digestibilidade dos grãos ensilados é justificada pela ruptura da proteção proteica que protege os grãos de amido. Neste sentido, quando há a ruptura dessa proteção, há intensificação da degradação e fermentação do amido pelas bactérias ruminais (KOTRSKY et al., 1992).

2.3. Armazenamento hermético em silos tipos bolsa

Dentre as formas mais tradicionais de armazenamento existentes para silagem, os silos de trincheira e os de superfície são os mais utilizados nas propriedades. Os silos de trincheiras são valas feitas no chão, no qual a forragem é depositada no fosso. Esta passa por um processo de compactação feita por veículos da fazenda como os tratores. Para a garantia de qualidade e melhor preservação do material, algumas trincheiras utilizam alvenaria para isolar a forragem de contato direto com o meio, já que lençóis freáticos podem influenciar na decomposição deste (Gomez (1998).

Ainda segundo Gomez (1998) existem os silos de superfície, nos quais a silagem é armazenada diretamente na superfície plana do solo, podendo ser recoberto com lona plástica ou silos bolsa. Dentre os sistemas de armazenamento, este último é considerado o mais barato,

porém existe maior dificuldade na compactação do material, podendo gerar assim fermentações com piores índices de qualidade.

Os silos tipo bolsa tem sido utilizados para armazenamento de diferentes tipos de grãos, como forma de armazenamento herméticos, como alternativa aos métodos tradicionais de armazenamento em nível de fazenda (FARONI et al., 2009). Esse método conta com vantagem de conter custos de uma estrutura física permanente e podem ser alocados em diferentes área de uma propriedade (SCHROEDER ET AL., 2010).

Nesse sistema quando atinge teores ricos em gás carbônico e pobre em oxigênio reduz-se a capacidade de eficiência metabólica dos seres vivos presentes e diminui a capacidade de reprodução. A consequente redução da respiração e a redução das perdas por oxidação, permite a manutenção dos produtos armazenados (NAVARRO, 2006). Concomitantemente, os insetos quando em ambientes com concentração de O₂ menores que 2,0%, tem suas atividades cessadas, ainda o desenvolvimento fúngico é interrompida quando a concentração se limita a 1% (MORENO et al., 2006).

2.4. Qualidade físico-química de silagem de grãos de milho úmidos

Segundo Nussio et al. (2001), a origem genética é um fator determinante na qualidade da silagem, em que dois grupos genéticos de cultivares de milho são predominantes na produção de grãos e silagens: a Dent (*Zea Mays* ssp. *Indentata*) e a Flint (*Zea mays* ssp. *Indentura*). O Dent tem como característica o endosperma vítreo nas laterais do grão e o centro do grão que se estende à coroa e apresenta textura farinhosa, que quando desidratada forma uma aparência de dente. O milho Flint tem o endosperma vítreo com pequena proporção de endosperma farinhoso, apresentando um núcleo arredondado e não dentado.

Essas características de genótipos foram testadas por Philippeu e Michaellet-Doreau (1998), que demonstraram as principais diferenças nesses grupos genéticos na determinação de qualidade de produto. Inicialmente os autores revelaram que para o material que não foi ensilado, a degradabilidade ruminal da matéria seca não foi muito diferente para os dois genótipos. Constataram também a baixa degradabilidade do amido tipo Flint, provavelmente pela pequena proporção de fração rapidamente degradável e determinaram ainda que a digestão ruminal do amido do milho, antes e após a ensilagem, foi maior para o Dent que para o Flint.

Ainda em relação a qualidade nutricional, a composição química da silagem de grãos úmidos pode variar em decorrência de vários outros fatores, como teor de umidade no momento da colheita, sabugo presente, presença ou não de inoculantes e outros fatores. Análises feitas por Ítavo et al. (2006) demonstraram que não houve nenhum efeito da inoculação sobre o teor de matéria da silagem, que permaneceram com médias de 64,13 e 64,03% para os milhos grãos úmidos não inoculados e grãos úmidos de milho inoculados, respectivamente. Em outro estudo realizado por Sebastian et al. (1996) não foi observado diferença de matéria seca de silagens de grãos úmidos de milho inoculados, sendo que a média foi de 74,45%. Dentre as análises feitas nas amostras, apenas a proteína bruta foi influenciada pela a inoculação durante a avaliação, com médias de 6,96 e 7,35%, para silagens sem inoculação e inoculadas, respectivamente.

Jobim et al. (2001) sistematizaram resultados relacionados a composição química da silagem de grãos úmidos de milho obtidos por outros pesquisadores. Foi possível observar variação de resultados provavelmente em função do teor de umidade no momento da ensilagem e a presença de sabugo (Tabela 1). Ressalta-se ainda que teores de umidade acima de 35,0% favoreceram as perdas de matéria seca, com consequente influência na quantidade de nitrogênio e carboidratos solúveis no material.

Tabela 1: Composição química de silagem de grãos úmidos de milho

Variáveis	DeBrabander et al. (1992)	Jobim et al. (1997)	Reis et.al. (2000)	Santos et al. (2000)	Taylor e Kung Jr (2002)
MS(%)	61,4	63,9	66,7	67	73,5
FDN(%)	13,3	15,1	14,2	7,1	---
FDA(%)	---	3,3	2,5	3,95	---
EB (kcal/g MS)	---	4,203	4,33	4,474	---
PB(%)	11,4	10	10,2	7,69	---
N-NH ₃ (N total)	2,7	1,05	---	---	0,04
PH	3,7	3,6	3,5	3,9	3,9
Ac. Lático (%)	0,8	0,78	---	---	1,05
Ac. Acético (%)	0,4	0,12	---	---	0,36
Álcool (%)	0	0	---	---	0,24

Fonte: Jobim et al., (2002).

MS – Matéria seca; FDN – Fibra detergente neutro; FDA – Fibra detergente ácido; EB – Energia Bruta; PB – Proteína Bruta

2.4.1. Microrganismos deteriorantes e toxigênicos

Além da necessidade de avaliar a qualidade físico-química, a fração microbiológica deve ser analisada criteriosamente. Para melhor compreensão do processo da fermentação McDonald et al. (1991) conceituou o processo de ensilagem em 4 etapas: 1) aeróbico, 2) Fermentação Ativa, 3) Estável e 4) Descarga. A primeira ocorre principalmente na presença do oxigênio, porém logo após algumas horas esse processo é interrompido após o fechamento da silagem. Segundo Muck e Pitt (1993), o início da segunda fase é determinada quando exaure-se o oxigênio e microrganismos anaeróbicos determinam o processo fermentativo no sistema, período esse que varia de uma a quatro semanas. Durante o desenvolvimento dessa fase, as bactérias anaeróbicas produtoras de ácido acético (enterobactérias) e bactérias produtoras de ácido lático-BAL são as que mais se fazem presentes. O resultado da fermentação gera produtos como etanol, ácido acético, ácido lático e gás carbônico, que acabam por reduzir o pH a níveis inferiores a 5, o que acaba selecionando bactérias homofermentativas e heterofermentativas no sistema e elimina as chances de proliferação de microrganismos indesejáveis (PEREIRA et al., 2004).

Mesmo se respeitando e buscando as melhores formas para o processo fermentativo, a contaminação por fungos é de difícil controle, pois estes são advindos diretamente do campo e também se desenvolvem durante o armazenamento. A presença mais comum nessas situações são os dos gêneros *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e *Fusarium* spp. Espécies desses gêneros de fungos promovem danos na coloração, mudanças nutricionais e perda de matéria seca (SINHA, 1991).

Segundo Almeida et al. (2002), deve-se levar em conta que diferentes condições climáticas, umidade de colheita e armazenamento e temperatura do ar instigam diretamente no nível de contaminação de fungos. Levando em conta a influencia dos meio abióticos, na influencia de desenvolvimento de fungos, Santin et al.(2004) verificaram menor incidência de *Fusarium moniliforme* em grãos de milho colhidos com menores teores de umidade. Entretanto, houve maior incidência de espécies dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*.

Deve-se ressaltar ainda que algumas espécies de fungos são capazes de produzir micotoxinas - metabólitos secundários que podem afetar a saúde animal. Muck et al. (1991) observaram contaminação por micotoxinas em grãos de milho úmidos ensilados. Driehuis et al. (2008) detectaram deoxynivalenol em silagem de grãos de milho e de trigo e zearalenona em silagem de grãos de milho e forragem. Eckard et al. (2011) avaliaram incidência de *Fusarium* sp. e a contaminação por micotoxinas produzidas por espécies desse gênero. Os autores verificaram maior incidência de *F. sporotrichioides*, *F. verticillioides* e *F. graminearum* e contaminação por deoxynivalenol (DON), zearalenona, nivalenol, HT-2, T-2 e fumonisinas. Palacio et al. (2016) detectaram aflatoxinas em silagem de grãos de trigo acondicionados em silos tipos bolsa em concentrações em 6,1 e 23,3 ppb, depois de 120 dias.

3. OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da silagem de grão de milho úmido armazenado em silo bolsa.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar possíveis alterações na qualidade da silagem em decorrência do teor de umidade inicial, da posição no silo tipo bolsa e tempo de armazenamento.
- Avaliar a qualidade físico-química da silagem obtida a partir de grãos úmidos acondicionados em silos tipo bolsa.
- Avaliar a qualidade microbiológica da silagem obtida a partir de grãos úmidos acondicionados em silos tipo bolsa.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Vera Cruz, situado em Cristalina-Go(16°35'22''S/47°46'12''W). A área total da fazenda é de 250 ha, onde são conduzidos serviços de pecuária de leite e cultivo de cereais. A produção leiteira é de cerca de 5.500 litros diários, com 170 animais em lactação e a área de cultivo de grãos é 140 ha. Foi utilizado o híbrido de milho variedade 2A401 com tecnologia PowerCore que proporciona controle das principais lagartas alvo na cultura do milho como Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), Broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis*), Lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*), Lagart-elasm (*Elasmopalpus lignosellus*) e Lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*) e tolerantes a dois tipos de herbicidas, o glifosato e glufosinato. Este milho possui como características o grão de coloração alaranjada sendo classificada de textura semidura.

O plantio ocorreu no dia 20 de fevereiro de 2017, respeitando o limite máximo de 57 mil plantas por ha e foi utilizado um espaçamento de 50 cm entre linhas da plantadeira. Para fins de manejo de adubação, foram utilizados 150 kg do formulado 5-20-15 em conjunto de 250 g de Pnergetik K antes do plantio e 250 g de Pnergetic P por há. A adubação de cobertura se resumiu na utilização de 280 kg de Sulfammo MeTA de composição 29-00-00, dividido em duas aplicações de 140 kg. A colheita ocorreu do dia 8 de junho de 2017. Utilizaram-se grãos com umidade de aproximadamente 36,0 e 38,0%.

Após a colheita ocorrer em boas condições climáticas, sem a presença de chuvas, foi utilizado um implemento denominado Silo Embutidor Boelder, que é responsável por receber o milho proveniente da lavoura e triturar ou laminar as partículas que se encontravam em estado natural de desenvolvimento do milho, gerando novas partículas que variaram de 0,1 a 0,8 mm e depois foi compactado por uma rosca sem fim interno que transporta e compacta o material para o interior do silo bolsa

Para melhor desenvolvimento da decomposição do material, após o processo de trituração do grão, usou-se o inoculante BioMax, contendo as bactérias *Lactobacillus plantarum* e *Propionibacterium acidipropionici* para fins de obtenção de uma silagem de melhor qualidade. Depois de colhidos, os grãos foram imediatamente acondicionados em silobag IPESA (silos tipo bolsa), que possuem 60 m de comprimento e 1,4 m de diâmetro. Os silos tipo bolsa que foram utilizados no experimento são confeccionados de polietileno verde de baixa densidade (PEBD) e polietileno de origem renovável de alta densidade linear (Pebdl) e Masterbacch preto e branco. Possui 3 camadas, sendo duas brancas com proteção UV e uma camada interna preta. Sua capacidade de armazenamento é de 90 toneladas de grão úmido.

A qualidade físico-química e microbiológica foi avaliada antes do acondicionamento dos grãos úmidos triturados (dia zero) e decorridos 30, 60, 90 e 120 dias de armazenamento, para cada teor de umidade. Foram coletadas amostras em duas diferentes posições dos silos bolsa, sendo uma na parte inicial e a outra no meio, conforme Figura 1. A amostragem em cada posição foi feita em três posições (Figura2).

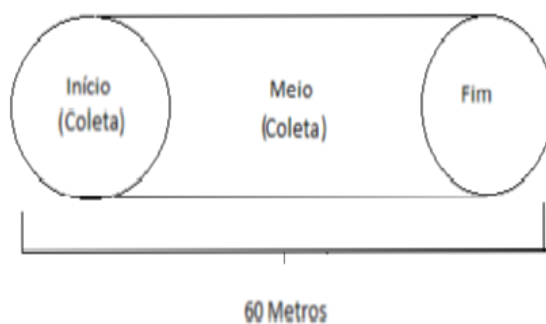


Figura 1- Estrutura física do silo bolsa utilizado para armazenamento do milho grão úmido.

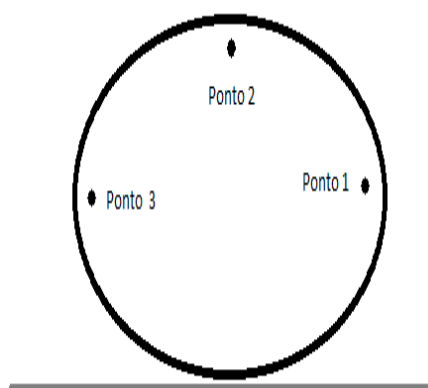


Figura 2-Corte Transversal do silo bolsa

5.1. Avaliação da qualidade físico-química da silagem de milho obtida em silo bolsa

Na avaliação da qualidade da silagem de milho obtida em silos bolsa durante 120 dias de armazenamento foram determinados a umidade, teor de lipídeos, teor de proteínas, teor de cinzas, teor de carboidratos, teor de fibra em detergente neutro, e análise colorimétrica.

5.1.1. Umidade

A umidade (equação 1) foi determinada pelo método direto em estufa a 105 °C, até atingir peso constante (BRASIL, 2008).

$$Umidade (\%) = \frac{100 \times N}{m} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

N = perda de massa g;

m = massa da amostra (g).

5.1.2. Teor de Lipídios

O teor de lipídios (Equação 2) foi obtido em extrator de gordura (Ankom® modelo XT 10), utilizando-se como solvente éter de petróleo durante um período de 1 hora, conforme Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

$$Teor\ de\ lipídeos (\%) = \frac{100 \times N}{m} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

N = massa de lipídios (g);

m = massa da amostra (g)

5.1.3. Teor de Proteínas

A determinação de teor de proteína foi realizada utilizando-se o método de Kjeldahl (Equação 3), de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008). O fator de proteína utilizado foi de 6,25.

$$\text{Teor de Proteínas \%} = V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times f_{\text{HCl}} \times 14 \times \frac{100}{m} \times \frac{1}{1000} \times \text{FP} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

V_{HCl} = volume de HCl gasto na titulação;

N_{HCl} = normalidade do HCl gasto na titulação;

f_{HCl} = fator de correção do HCl gasto na titulação 0,1 mol/ mL;

m = massa da amostra (g);

FP: Fator de proteína

5.1.4. Teor de Cinzas

O teor de cinzas foi obtido com calcinação a 550 ° C, com permanência da amostra na mufla segundo o Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008). O teor de cinzas foi calculado utilizando-se a Equação 4.

$$\text{Teor de cinzas (\%)} = \frac{100 \times N}{m} \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

N = massa de cinzas (g);

m = massa da amostra (g)

5.1.5. Carboidratos

Os teor de carboidratos totais foi calculado pela diferença entre 100 e a soma das medias de umidade, teor de lipídios, teor de proteínas e cinzas (BRASIL, 2008).

5.1.6. Fibra em Detergente Neutro (FDN)

A Fibra em Detergente Neutro (FDN) foi determinada de acordo metodologia proposta por Van Soest (1967), modificada por Souza et al., (1999). O percentual de FDN foi determinado utilizando-se a Equação 5:

$$FDN (\%) = \frac{m}{M} \quad \text{Equação 5}$$

Em que:

m = massa do resíduo (g);

M = massa da amostra (g).

5.1.9. Avaliação da Cor

A cor da silagem de grão úmido foi avaliada usando o colorímetro ColorQuest® XE HunterLab. Foram obtidos os valores de um sistema de coordenadas Lab Hunter que define a cor em termos de L, a e b – luminosidade (L); a = verde (-) x vermelho (+); b= azul (-) x amarelo (+). Com os valores das coordenadas L, a e b foi possível obter parâmetros relacionados à saturação da cor ou croma (C), Equação 7, à tonalidade (h), Equação 8, e diferença de cor (ΔE), Equação 9 (LITTLE, 1975, FRANCIS, 1975, MCLELLAN et al., 1995, MASKAN, 2001).

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad \text{Equação 7}$$

$$h = \arctang (b/a) \quad \text{Equação 8}$$

$$\Delta E = \sqrt{[(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2]} \quad \text{Equação 9}$$

Em que:

h = tonalidade da cor;

C = saturação da cor ou croma;

a = mensurável em termos de intensidade de vermelho e verde; e

b = mensurável em termos de intensidade de amarelo e azul.

L_0 , a_0 e b_0 são os valores obtidos no tempo zero.

5.2. Qualidade microbiológica da silagem de milho obtida em silo bolsa

Na avaliação da qualidade microbiológica da silagem obtida a partir de grãos de milho úmido, acondicionados em silos bolsa durante 120 dias, foram quantificados os fungos potencialmente aflatoxigenicos *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*.

Para a quantificação das espécies potencialmente aflatoxigênicas, *A. flavus* e *A. parasiticus*, foi utilizado o meio de cultura *Aspergillus flavus* e *parasiticus* Agar (AFPA) nas diluições de 10^{-1} e 10^{-2} . As placas foram incubadas por 42 h a 30 °C (PITT et al., 1983). Os resultados foram obtidos em termos de unidades formadoras de colônias por grama (UFC g⁻¹).

5.3. Procedimento experimental

Foi adotado Delineamento Inteiramente Casualizado, em esquema fatorial 2x2x5, sendo dois teores de umidade (36,0 e 38,0%), duas posições no silo bolsa (inicial e meio) e cinco períodos de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias), com três repetições. Inicialmente foi realizada Análise de Variância, utilizando-se o software StatPlus v5 e posteriormente análise de regressão, no software SigmaPlot 2010.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a análise de variância, não houve diferença significativa do teor de umidade em decorrência da interação entre teor inicial de umidade, posição no silo bolsa e período de armazenamento ($p>0,05$). Entretanto, houve variação significativa ($p<0,05$), quando se analisou o teor de umidade em função do tempo de armazenamento isoladamente (Figura 3). Verificou-se tendência de aumento da umidade à medida que elevou o tempo de armazenamento. Por outro lado, Sebastian et al. (1996) não observaram alteração do teor de umidade quando analisaram silagem de grãos úmidos de milho.

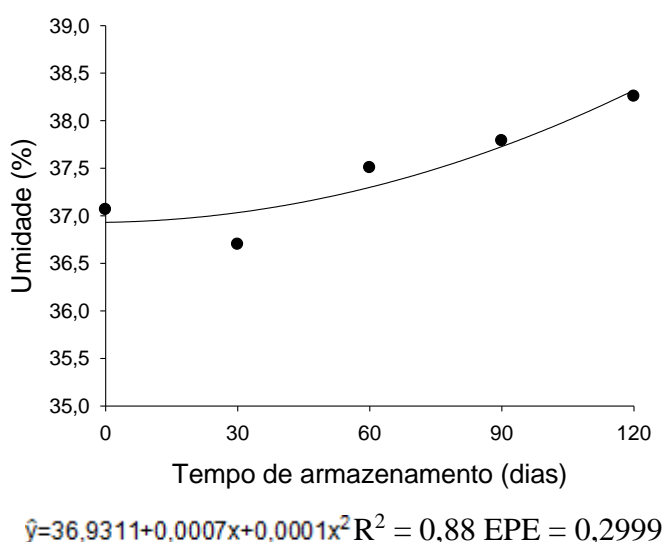


Figura 3- Teor de umidade da silagem de grãos de milho úmidos durante 120 dias.

Para Jobim et al. (2003) perdas de matéria seca podem ocorrer com teores de umidade acima de 35,0%, podendo resultar em variação nos teores de nitrogênio e carboidratos solúveis. No presente estudo a umidade média da silagem foi de 37,5% o que resulta em 62,5% de matéria seca, valores que são semelhantes aos encontrados na literatura. Jobim et al. (2002) afirmaram que percentual de matéria seca de silagem pode variar entre 61,4% a 73,5%. Pinto (2009) e Persichetti Júnior et al. (2014) obtiveram percentuais de matéria seca equivalentes a 52,3% e 71,8%, em silagens de grãos úmidos de milho.

Para o teor de lipídeos, observou-se alteração significativa em decorrência da interação entre teor inicial de umidade e período de armazenamento ($p<0,05$). À medida que se elevou o período de armazenamento, houve incremento de teor de lipídeos (Figura 4). Os teores de

lipídeos estimados ao final de 120 dias de armazenamento foram equivalentes a 3,03 e 2,50%, para as silagens obtidas a partir de grãos de milho com teores de umidade de 36,0 e 38,0%, respectivamente. Por outro lado, Ítavo et al. (2006), não observaram alteração significativa no teor de lipídeos em silagem de úmidos de milho ao longo dos 64 dias.

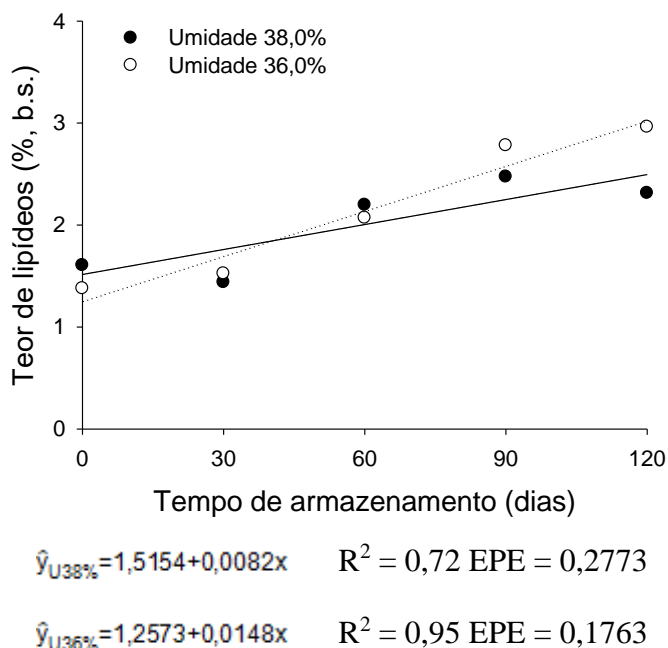


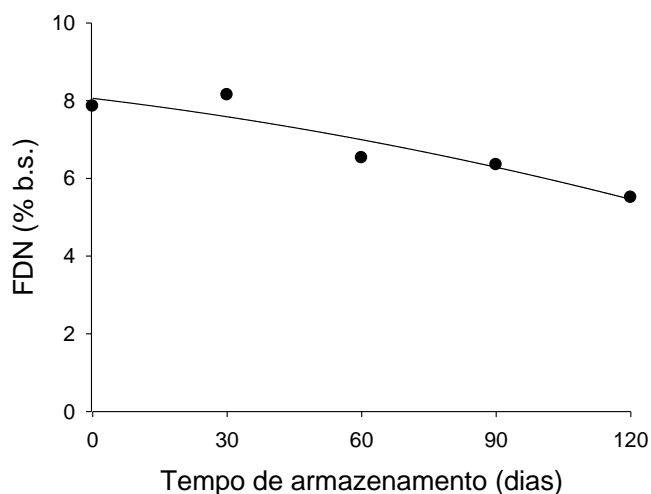
Figura 4- Teor de lipídeos em silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, durante 120 dias.

O teor de lipídeos em alimentos para ruminantes é de extrema importância, pois está diretamente relacionado com a digestibilidade da porção fibrosa da dieta, o que afeta negativamente a ingestão de matéria seca. Van Soest (1994) afirmou que teor de lipídeos acima de 8,0% da dieta pode comprometer a digestibilidade da fibra. O valor médio de teor de lipídeos obtido no presente estudo (2,11%) está abaixo dos obtidos em outros estudos com silagem de grãos úmidos de milho, cujos valores são bastante variáveis. Valores de teor de lipídeos variando de 3,9 a 4,2% foram relatados por Mello et al. (2004). Já Ítavo et al. (2006) obtiveram valor de teor de lipídeos de 3,37%, enquanto Pinto (2009) e Persichetti Júnior et al. (2014) verificaram valores de 8,8% e 6,85%, respectivamente.

No que se refere aos teores de cinzas e de proteínas, não houve variação significativa em decorrência da interação entre teor inicial de umidade, posição no silo bolsa e período de armazenamento ($p > 0,05$). Os teores de cinzas permaneceram na faixa entre 0,97%

para 1,27%, com teor médio de 1,02%. Pinto et al. (2012) e Persichetti Júnior et al. (2014) obtiveram valores médios de teor de cinzas iguais a 1,0 e 4,0%, respectivamente. Destaca-se que, de acordo com Ashbell (1995), à medida que se eleva o teor de cinzas, são favorecidos problemas no processo de fermentação. No que se refere ao teor de proteínas, obtiveram-se valores entre 7,84 e 10,30%, com valor médio equivalente a 9,30%. Esses valores estão compreendidos entre 7,60 e 13,80%, obtidos por outros autores para silagem de grãos úmidos de milho (PINTO, 2009; PERSICHETTI JÚNIOR et al., 2014).

O percentual de fibra detergente neutro (FDN) não variou significativamente ($p>0,05$) em decorrência da interação entre teor inicial de umidade, posição no silo bolsa e período de armazenamento. Entretanto, houve variação significativa ($p<0,05$) quando se analisou a variável FDN em função do tempo de armazenamento separadamente. Houve decréscimo do percentual de FDN à medida que se elevou o tempo de armazenamento (Figura 5). O percentual de FDN estimado reduziu de 8,06 para 6,38%. Essa tendência difere do observado nos trabalhos de Da Silva et al.(2015) e Basso et al. (2012). Ressalta-se que o valor médio de FDN foi de 6,74%, inferior aos valores verificados na literatura, os quais tem variado entre 9,0% e 13,74% (PASSINI et al., 2002; PINTO et al., 2012; PERSICHETTI JÚNIOR et al., 2014).



$$\hat{y}=8,0604-0,0139x-0,0001x^2 \quad R^2 = 0,88 \quad \text{EPE} = 0,5401$$

Figura 5- Teor de Fibra Detergente Neutro (FDN) da silagem de grãos de milho úmidos durante 120 dias.

No que tange ao teor de carboidratos, verificou-se variação significativa em decorrência da interação entre teor inicial de umidade e período de armazenamento.

Observou-se decréscimo do teor de carboidratos à medida que se elevou o tempo de armazenamento (Figura 6). O teor de carboidratos estimado na silagem obtida a partir de grãos de milho com teor inicial de umidade de 38,0% variou de 84,13% no início do armazenamento, para 78,61%, depois de 120 dias. Com relação a silagem obtida a partir de grãos de milho com 36,0% de umidade inicial, o teor de carboidratos estimado variou entre 82,95% e 78,14%, depois de 120 dias de armazenamento.

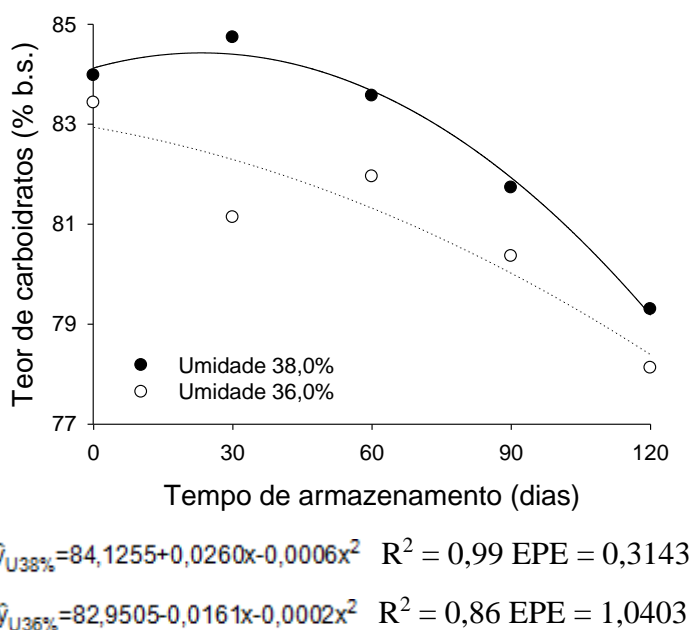
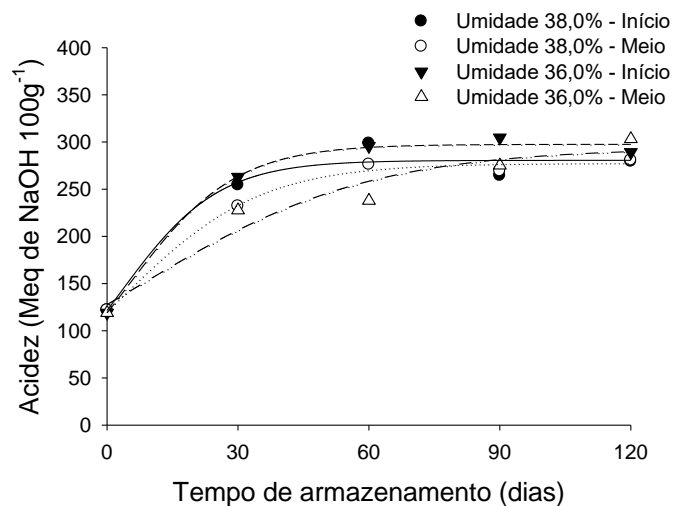


Figura 6- Teor de carboidratos em silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, durante 120 dias.

A redução do teor de carboidratos é esperada e está associada ao processo de fermentação. Destaca-se que redução do teor de carboidratos implica em aumento relativo de outros constituintes, como o observado no teor de lipídeos (Figura 4), conforme Sniffen et al. (1992). Os teores de carboidratos obtidos no presente estudo se encontram acima dos obtidos por Pinto et al. (2012) e da recomendação apresentada por Van Soest (1994) para plantas forrageiras. De acordo com Van Soest (1994), carboidratos constitui entre 50 a 80% da matéria seca das plantas forrageiras. Em silagem de milho, Viana et al. (2012) verificaram teor de carboidratos igual a 80,7%.

Quanto a acidez da silagem, obteve-se variação significativa pela interação entre teor inicial de umidade, posição no silo bolsa e período de armazenamento ($p < 0,05$). Incremento

mais acentuado foi observado nos primeiros 30 dias de armazenamento (Figura 7). A acidez inicial foi de 121,40 Meq NaOH 100g⁻¹. Na silagem obtida a partir de grãos com 38,0% de umidade inicial, os valores estimados acidez aos 30 dias de armazenamento foram 257,28 e 233,80 Meq NaOH 100g⁻¹, no início e meio do silo, respectivamente. Com relação a silagem obtida a partir de milho com 36,0% de umidade inicial, obtiveram-se valores estimados iguais 263,45 e 206,54 Meq NaOH 100g⁻¹, no início e meio do silo, respectivamente. Tal comportamento evidencia a utilização de carboidratos pelos microrganismos durante o processo fermentativo. Durante a fermentação, os microrganismos utilizam os carboidratos como fonte de energia e geram metabólitos que acidificam o meio. Destaca-se que, de acordo com Nussio et al. (2001), a acidez indica a qualidade em produtos fermentados como as silagens, por está diretamente relacionada aos ácidos formados durante a fermentação.



$$\hat{y}_{U38\%/I} = \frac{280,5934}{1 + e^{\left(-\frac{(x-3,0394)}{11,2268}\right)}} \quad R^2 = 0,97 \text{ EPE} = 18,0744$$

$$\hat{y}_{U38\%/M} = \frac{277,9023}{1 + e^{\left(-\frac{(x-3,9536)}{15,6152}\right)}} \quad R^2 = 0,99 \text{ EPE} = 7,1856$$

$$\hat{y}_{U36\%/I} = \frac{297,5748}{1 + e^{\left(-\frac{(x-4,9988)}{12,2319}\right)}} \quad R^2 = 0,99 \text{ EPE} = 7,9290$$

$$\hat{y}_{U36\%/M} = \frac{294,0505}{1 + e^{\left(-\frac{(x-7,0716)}{26,6978}\right)}} \quad R^2 = 0,94 \text{ EPE} = 24,1641$$

Figura 7- Acidez (Meq NaOH 100g⁻¹) em silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, no início e meio do silo bolsa, durante 120 dias.

Na Figura 8, é apresentado o comportamento da variável pH da silagem de grãos de milho úmidos. Verificou-se variação significativa ($p < 0,05$) em se avaliou a interação entre teor inicial de umidade e tempo de armazenamento. Houve redução do pH da silagem à medida que se elevou o tempo de armazenamento, sendo a redução mais acentuada nos primeiros 30 dias de armazenamento. Esse comportamento está de acordo com o observado para a variável acidez (Figura 7).

Ressalta-se que o pH de um alimento é um dos principais fatores que determina a proliferação e sobrevivência dos microrganismos presentes, além de ser empregado como parâmetro de qualidade da silagem (AMARAL et al., 2007). No presente estudo, obtiveram-se valores de pH inferior a 3,9, decorridos 30 dias de armazenamento, próximo ao observado por Pinto et al. (2012). Sebastian et al. (1996), ao avaliar a fermentação de silagem de grãos úmidos de milho, verificaram redução acentuada de pH após 7 dias e estabilização entre os dias 42 e 138 dias. Para Da Silva et al. (2015), os valores de pH antes da ensilagem ocorrer foi de 5,15 e após 90 dias a média dos tratamentos e controle foi de 3,72.—Valores de pH variando de 3,8 a 4,2 são considerados adequados para silagens conservadas adequadamente (Tomich et al., 2004). De acordo com esses autores, nessa faixa de pH ocorre restrição de enzimas proteolíticas da planta e de enterobactérias e de bactérias do gênero *Clostridium*.

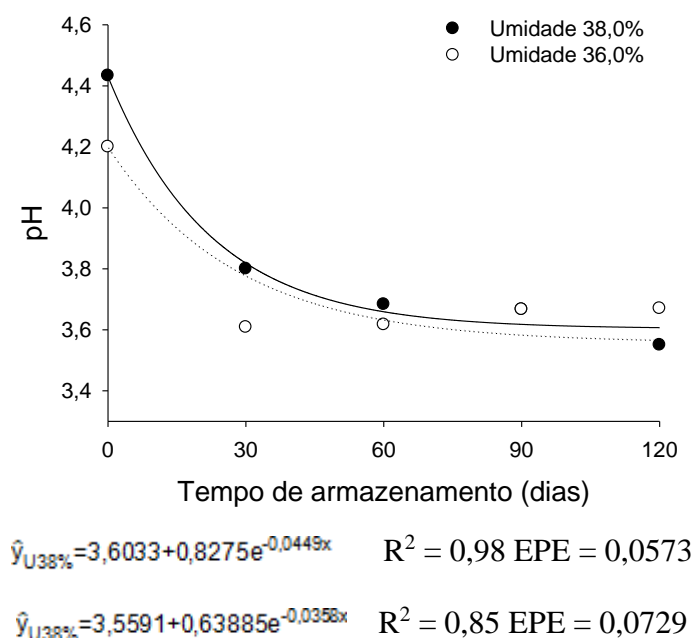
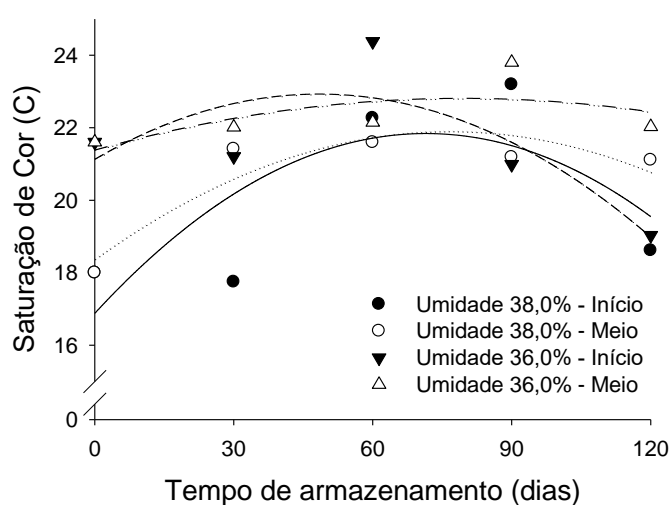


Figura 8 - pH em silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, durante 120 dias.

No que se refere a coloração da silagem, não foi obtida variação significativa ($p>0,05$) da tonalidade de cor (h) em decorrência da interação tripla em entre teor inicial de umidade, posição no silo bolsa e tempo de armazenamento. Também não houve variação significativa em decorrência de interação dupla entre as variáveis, assim como dessa isoladamente. Por outro lado, verificou-se variação significativa das variáveis saturação de cor (C) e diferença de cor (ΔE). A saturação de cor variou significativamente ($p<0,05$) pela tripla em entre teor inicial de umidade, posição no silo bolsa e tempo de armazenamento. A diferença de cor apresentou variação significativa ($p<0,05$) pela interação dupla entre teor inicial de umidade e tempo de armazenamento.

Na Figura 9, apresentam-se as curvas de saturação de cor das silagens obtidas a partir de grãos com teores de umidade de 36,0 e 38,0%, no início e no meio do silo bolsa, durante 120 dias. No início do armazenamento, observou-se maior saturação de cor na silagem obtida de grãos de milho com 36,0% de umidade. Houve aumento da saturação de cor na silagem de grãos de milho com teor inicial de umidade de 38,0%, até 60 dias de armazenamento. É importante destacar que houve decréscimo acentuado da saturação de cor na silagem de grãos de milho no início do silo bolsa, para os dois teores iniciais de umidade. Maiores valores de saturação de cor implica em cores mais intensas ou vívidas, enquanto que menores valores indicam cores tendendo para o cinza (JACOMINI et al., 2003).

Nesse sentido, a redução da saturação de cor na silagem localizada no início do silo bolsa está relacionada ao processo indesejável de escurecimento.



$$\hat{y}_{U38\%I} = 16,8787 + 0,1389x - 0,0010x^2 \quad R^2 = 0,58 \quad EPE = 2,3618$$

$$\hat{y}_{U38\%M} = 18,3799 + 0,0922x - 0,0006x^2 \quad R^2 = 0,85 \quad EPE = 0,8107$$

$$\hat{Y}_{U36\%M} = 21,1271 + 0,0745x - 0,0008x^2 \quad R^2 = 0,65 \quad EPE = 1,6053$$

$$\hat{Y}_{U36\%M} = 21,3822 + 0,0360x - 0,0002x^2 \quad R^2 = 0,43 \quad EPE = 0,9055$$

Figura 9- Saturação de cor silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, no início e meio do silo bolsa, durante 120 dias.

Com relação a diferença de cor (ΔE), observou-se aumento, à medida que se elevou o tempo de armazenamento (Figura 10). O incremento mais acentuado foi observado na silagem obtida a partir de grãos com 38,0% de umidade. Assim como a redução na saturação de cor, o aumento da diferença de cor pode estar relacionado ao processo de escurecimento da silagem durante o armazenamento.

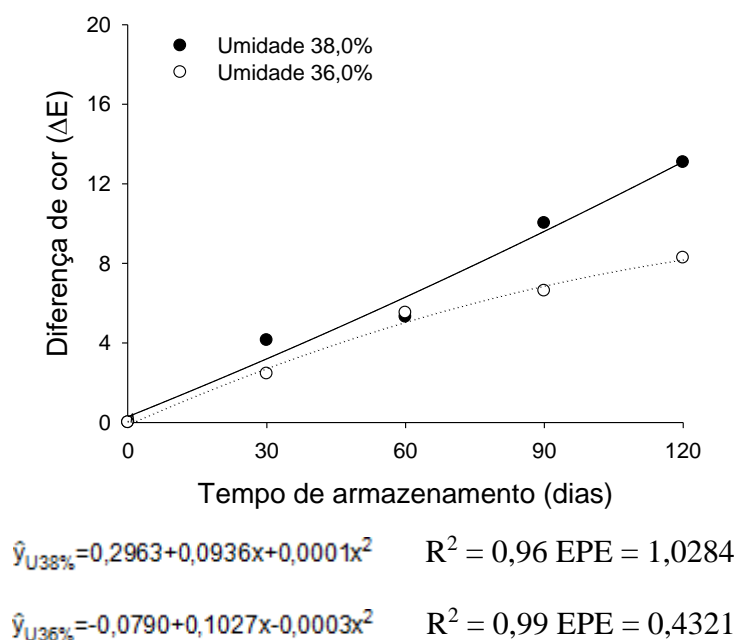


Figura 10 – Diferença de cor (ΔE) em silagem de grãos de milho com teores iniciais de umidade de 36,0 e 38,0%, durante 120 dias.

No que se refere a contagem dos fungos potencialmente aflatoxigênicos, *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*, estimou-se em $<1,0 \log \text{ UFCg}^{-1}$. Dessa forma, podemos inferir que as condições adotadas no presente trabalho nos silos tipo bolsa não favoreceram a proliferação de fungos potencialmente aflatoxigênicos. Salienta-se que essas espécies de fungos são capazes de produzir aflatoxinas, que são metabólitos secundários carcinogênicos, teratogênicos e mutagênicos, apresentando efeito deletério tanto para os seres humanos quanto para os animais (ABDULKADAR et al., 2000).

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

- a) O teor inicial de umidade influencia a qualidade da silagem de grãos úmidos de milho;
- b) Em geral a posição no silo bolsa não afeta a qualidade da silagem, exceto para as variáveis acidez e saturação de cor;
- c) Alterações menos pronunciadas na qualidade da silagem de milho durante o armazenamento são observadas quando se utilizam grãos com menor teor de umidade;
- d) As condições adotadas no presente trabalho não favoreceram o crescimento de espécies de fungos potencialmente aflatoxigênicas;
- e) Os silos tipo bolsa representam uma alternativa aos métodos tradicionais para obtenção de silagem de grãos úmidos de milho.

7. REFERENCIAS BOOBLIOGRÁFICAS

ABDULKADAR, A.H.W.; AL-ALI, A., AL-JEDAH, J. Aflatoxin contamination in edible nuts imported in Qatar. Food Control, v.11, p.157-160, 2000.

ALMEIDA, Adriana P.; FONSECA, Homero; FANCELLI, Antônio Luiz; DIREITO, Glória Maria; ORTEGA, Edwin M.; CORRÊA, Benedito. Mycoflora and fumonisin contamination in brazilian corn from sowing to harvest. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.50, n.13, p.3877-3882, 2002.

ANGELO PEDRO JACOMINO; KIÁRA MENDONÇA; RICARDO ALFREDO KLUGE - Armazenamento refrigerado de limões ‘Siciliano’ tratados com etileno. Revista Brasileira de Fruticultura, v.25, n.1, p.45-48, 2003.

AOAC. Association of Official Analytica Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17. ed., Washington, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSRIAS DO MILHO. ABIMILHO. Estatísticas. Disponível em: < <http://www.abimilho.com.br/estatisticas> >. Acesso em: 25 jan. 2018.

BASSO, F. C.; BERNARDES, T. F. ; ROTH, A. P. T. P. ; RABELO, C. H. S.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. 2012. Fermentation and aerobic stability of high-moisture corn silages inoculated with different levels of *Lactobacillus buchneri*. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 41, p.2369–2373, 2012.

BELTRAME, J. F. Silagem de grão úmido para bovinos confinados. São Paulo: Anualpec - 2001: Anuário da Pecuária Brasileira, p.50-53, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). AGROSTAT: Estatística do Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 25 maio mar. 2017.

CHROEDER, J. W. Corn gluten feed: composition, storage, handling, feeding and value. North Dakota State University. Disponível em: <<https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/4796/as1127.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 18 maio. 2017.

CONAB. Acompanhamento safra brasileira grãos. v. 4 Safra 2016/17 - Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-171, agosto 2017.

COSTA, C.; ARRIGONI, M.D.B.; SILVEIRA, A.C. et al. Silagem de grãos úmidos. In: Simpósio sobre nutrição de bovinos, 7, 1999, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.36, 1999.

COSTA, C. Valor alimentício e aspectos econômicos de volumosos e de grãos de milho ensilados e seco no confinamento de bovinos criados no sistema superprecoce. 2001. 69f. Tese (Livre Docência)- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

Da Silva T.C.; Smith M.L.; Barnard A.M., Kung L: The effect of a chemical additive on the fermentation and aerobic stability of high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, v.98, p. 8904–8912, 2015.

DANIEL, J. L. P.; ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G. A escolha do volumoso suplementar na dieta de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.40, p.261-69, 2011.

DeBRABANDER, D.L.; COTTYN, B.G.; BOUCQUE, C.H.V. Substitution of concentrates by ensiled high moisture maize grain in dairy cattle diets. *Animal Feed Science and Technology*, v.38, p.57-67, 1992.

DEL PALACIO, Agustina; BETTUCCI, Lina; PAN, Dinorah. Fusarium and Aspergillus mycotoxins contaminating wheat silage for dairy cattle feeding in Uruguay. *Brazilian Journal of Microbiology*. v.47, n.4, p.1000-1005, 2016.

DIAS PAES, Maria Cristina. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf>>. Acesso em: 15 outubro. 2017.

DRIEHUIS, F.; SPANJER M.C.; SCHOLTEN, J.M.; TE GIFFEL, M.C. Occurrence of mycotoxins in maize, grass and wheat silage for dairy cattle in the Netherlands. *Food Addit. Surveill*. v.1, p.41–50, 2008.

DRIEHUIS, F.; SPANJER, M.; SCHOLTEN, J.; TE GIFFEL, M. Occurrence of mycotoxins in maize, grass and wheat silage for dairy cattle in the Netherlands. *Food Additives & Contaminants: Part B*, v.01, p.41-50, 2008.

EDITORIA GAZETA. Anuário Brasileiro do Milho 2015. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-do-milho-2015/>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

- FARONI, L. R. A.; ALENCAR, E. R. de; PAES, J. L.; COSTA, A. R.; ROMA, R. C. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. *Engenharia Agrícola*, v.29, n.1, p.91-100, 2009.
- FRANCIS, F.J. The origin of tan-1 a/b. *Journal of Food Science*, v.40, p.412, 1975.
- GODAGNONE, H.C.V. Conservação de forragem. In: *Anais do curso de atualização em pastagens*. OCEPAR, Cascavel - PR, p. 179-198, 1991.
- GOMEZ, J. C. A. *Revolução Forrageira*. Livraria e Editora Agropecuária: Guaíba, 1998.
- HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants from basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, v.75, p.852-867, 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. *Produção da pecuária municipal*. v.1 (1973). Rio de Janeiro: IBGE, 1974. ISSN 0101-4234 (meio impresso) © IBGE. 2016.
- ÍTAVO, C.C.B.F.; MORAIS, M. G.; ÍTAVO, L.C.V.; SOUZA, A.R.D.L.; DAVY, F.C.A.; ALBERTINI, T. Z.; COSTA, C.; LEMPP, B.; JOBIM, C. C. Padrão de fermentação e composição química de silagens de grãos úmidos de milho e sorgo submetidas ou não a inoculação microbiana. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.655-664, 2006.
- JOBIM, C.C.; REIS, R.A. Produção e utilização de silagem de grãos úmidos de milho. Workshop sobre silagem. In: *Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia*, 38., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 912-927.
- JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. et al. Avaliação das silagens de grãos úmidos de milho (*Zea mays* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, n.3, p.311-31, 1997.
- JOBIM, C.C.; BRANCO, A.B.; SANTOS, G.T. Silagem de Grãos Úmidos na Alimentação de Bovinos Leiteiros. In: *V Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de Bovinos de Corte e Leite*. Goiânia – GO, p. 357-376, 2003.
- KOTRSKY, Susan F.; WANISHA, Ralph D.; THUR, Kerry K, Starch Hydrolysis by Ruminal Microflora. *The Journal of Nutrition*. v. 122, Issue 1, p. 178–190, 1992.
- LITTLE, A.C. Research Note off on a Tangent. *Journal of Food Science*. v. 40, p. 410-411, 1975. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb02213.x>>. Acesso em: 05 jul. 2017.
- MASKAN, M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, v.48, p.169-175, 2001.

- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. J. E. The Biochemistry of Silage. 2.ed. Marlow. Chalcombe Publications, 1991.
- MORENO, M. E.; JIMENEZ, A. S.; VAZQUEZ, M. E. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* Horn and storage fungi in maize with different moisture contents. Postharvest Biology and Technology, Pullman, v.39, p.321-326, 2006.
- MUCK, R. E.; PITT, R. E.; LEIBENSPERGER, R. Y. A Model of Aerobic Fungal Growth in Silage. Microbial Characteristics. Grass Forage Science.1991.
- MUCK, R.E.; PITT, R.E. Ensiling and its effect on crop quality silage. In: Silage production from seed to animal. Proceedings, 67., 1993, New York, NY. New York: Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, p.57-66, 1993.
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, Maringá. Universidade Estadual de Maringá, p. 127-145, 2001.
- PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; PINHEIRO, S.M.; VILLARROEL, A. B. S.; CLEMENTINO, R. H. Avaliação da Qualidade Nutricional de Silagens de Milho (*Zea mays* L.). Caatinga, v.20, n.3, p.08-12, 2007.
- PEREIRA, M. N.; PINHO, R. G. von.; BRUNO, R. G. S.; CALESTINE, G. A. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. Science in Agriculture, v.61, n.4, p.358-363, 2004.
- PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of Genotype and Ensiling of Corn Grain on in Situ Degradation of Starch in the Rumen. Journal of Dairy Science, v.81, p.2178–2184, 1998.
- PHILLIP L.E.; FELLNER V. Effects of bacterial inoculation of high moisture ear corn on its aerobic stability, digestion and utilization for growth by beef steers. Animal Science, p.70, p.3178–3187, 1992.
- PINTO, R.S. Qualidade da silagem de grãos úmidos de diferentes espécies. Dissertação de Mestrado, Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2009.
- PINTO, R. S. et al. Qualidade da silagem de grãos úmidos de diferentes forrageiras. Global Science and Technology, v.5, n.3, p.124-136, 2012.

PERSICHETTI, J. P.; ALMEIDA, J.G.A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L.; SILVEIRA, J.P.F.; PANICHI, A. SILVA, M.G.B.; FACTORI, M.A.; CAVASANO, F.A.; MENDONÇA, S.A.;. Nutritional value of high moisture corn silage in the diet of Holstein cows. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.66, n.5, p.1495-1503, 2014.

REIS, W.; JOBIM, C.C.; MACEDO, F.A.F.. Desempenho de cordeiros terminados em confinamento, consumindo silagens de milho com alta umidade ou grãos de milho hidratados em substituição aos grãos de milho seco na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.2, p. 596-603, 2001.

RODRIGUEZ, J.C.; BARTOSIK, R.E.; MALINARICH, H.D.; EXILART, J.P.; NOLASCO, M.E. IP short time storage of Argentine cereals in silobags to prevent spoilage and insect. In: *INTERNATIONAL QUALITY GRAINS CONFERENCE*, 2004, Indianapolis. *Proceedings*. West Lafayette: Purdue University, 2004. 1-15.

SANTIN, J. A.; REIS, E. M.; MATSUMURA, A. T. S.; MORAES, M. G. Efeito do Retardamento da Colheita de Milho na Incidência de Grãos Ardidos e de Fungos Patogênicos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.2, p.182-192, 2004.

SANTOS, C. P. Silagem de Grãos Úmidos de Milho na Alimentação de Equinos. 2000. 42p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2000.

SANTOS, M. C., GOLT, C., JOERGER, R. D., MECHOR, G. D., MOURÃO, G. B., & KUNG, L. Jr . Identification of the major yeasts isolated from high moisture corn and corn silages in the United States using genetic and biochemical methods. *Journal of Dairy Science*, v.100, n.2, p.1151–1160, 2016.

SÃO PAULO. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª edição. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

Science, v.70, p.3178-3187, 1992.

SEBASTIAN, S.; PHILLIP, L.E.; FELLNER, V. et al. Comparative assessment of bacterial inoculation and propionic acid treatment on aerobic stability and microbial population of ensiled high-moisture ear corn. *Journal of Animal Science*, v.74, n.2, p.447-456, 1996.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

- SINHA, K. K.; SINHA, A. K. Impact of Stored Grain Pests on Seed Deterioration and Aflatoxin Contamination in Maize. *Journal of Stored Products Research*, v.28, n.3, p.211-219, 1991.
- SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A.; SUMI, L. N.; BATISTA, L. A. R. Método alternativo para a determinação de fibra em detergente neutro e detergente ácido. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudoeste, 1999.
- TAYLOR, C.C; KUNG JR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the Fermentation and Aerobic Stability of High Moisture Corn in Laboratory Silos. *Journal of Dairy Science*, v.85, p.1526-1532, 2002.
- VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forage. *Journal of Animal Science*, v.26, n.1, p.119-128, 1967.
- VIANA, P.T.; PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, L.B.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; CHAGAS, D.M.T.; NASCIMENTO FILHO, C.S.; CARVALHO, A.O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.41, n.2, p.292-97, 2012.
- VILLERS, P.; BRUIN, T.; NAVARRO, S. Safe storage of grain in the tropics: A comparison of hermetic storage in flexible silos versus rigid metal or concrete silos. In: WEST, A.; BROWN, J. (Eds.) *Feed technology update*. Honolulu: Linx Publishing, p.17-22, 2006.